

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-208076
(43)Date of publication of application : 07.08.1998

(51)Int. CI. G06T 15/00
G06T 1/00
G06T 15/40

(21)Application number : 09-341486 (71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>
(22)Date of filing : 11.12.1997 (72)Inventor : HOWARD D STROBAN

(30)Priority

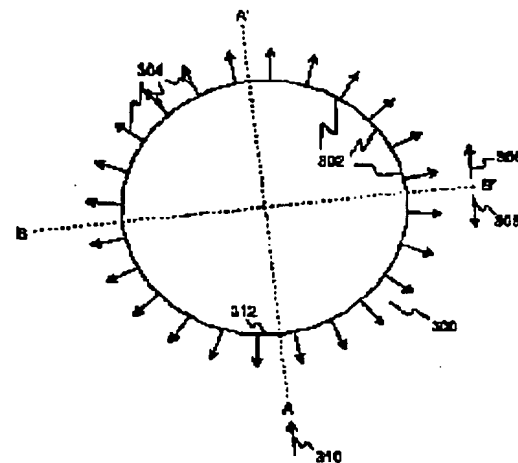
Priority number : 97 778858 Priority date : 06.01.1997 Priority country : US

(54) HIGH-SPEED ALPHA TRANSPARENCY RENDERING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly render opaque objects and transparent objects or only transparent objects by first performing rastering and α mixture of all backward-facing primitives and performing them of all forward-facing primitives of the transparent object.

SOLUTION: A circular transparent object 300 consists of a series of primitives 302 appearing as edges on this plan. The circular transparent object 300 is processed in two passes. In the first pass, rastering and α mixture of picture elements of all backward-facing primitives 302 (on the A' side of an imaginary line B-B' which have face normal arrows 304 approximately directed to the same direction as a direction arrow 306). In the second pass, rastering and α mixture of picture elements of all forward-facing primitives 302 (on the A side of the imaginary line B-B' which have face normal arrows 304 approximately directed to the same direction as a direction arrow 308).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 15/00
1/00
15/40

G 0 6 F 15/72 4 5 0 A
15/66 4 5 0
15/72 4 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-341486

(22)出願日 平成9年(1997)12月11日

(31)優先権主張番号 778, 858

(32)優先日 1997年1月6日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 ハワード・ディー・ストロバン

アメリカ合衆国80526コロラド州フォー
ト・コリンズ、ブラック・ホーク 4301

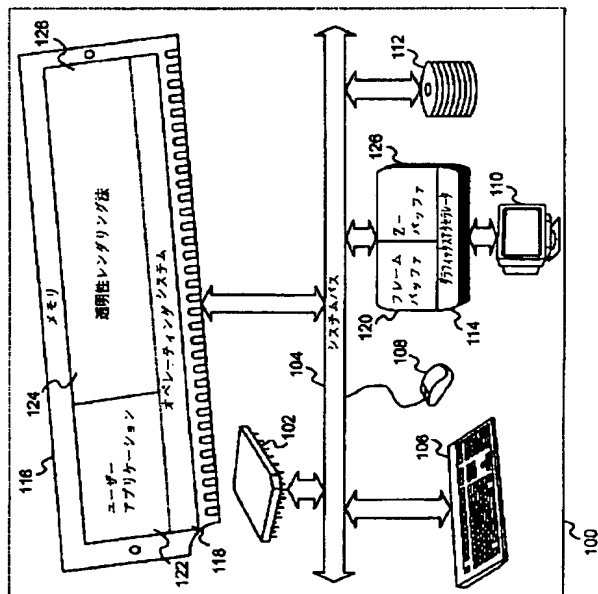
(74)代理人 弁理士 岡田 次生

(54)【発明の名称】 高速 α 透明性レンダリング法

(57)【要約】

【課題】 グラフィックスディスプレイにおいて、透明な物体を高速にレンダリングし高品質の画像を生成し、更に、面の異常を生じないように処理すること。

【解決手段】 z-バッファを不透明な物体のための深度バッファとしてのみ使い、不透明な物体を最初に処理して、この不透明な物体の上に透明な物体が重ねられる。また、透明な物体のすべての後向きのプリミティブをラスタ化及び α 混合し、その後その透明物体のすべての前向きのプリミティブをラスタ化及び α 混合する。また、z-バッファを用いてシーン内の物体のすべての最前方のプリミティブの深度画像が作成され、z-バッファ内のz-値より小さいz-値を有するすべてのプリミティブが処理され、フレームバッファに送られ、最後に、z-バッファ内のz-値に等しいz-値を有するすべてのプリミティブが処理されフレームバッファに送られることにより、シーン内の物体の最前方の面が最後に処理される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コンピュータシステム内で図形表示するためのシーンの少なくとも一部における不透明な物体および透明な物体をレンダリングする方法であって、

(a) 前記不透明な物体のプリミティブをラスタ化し、前記ラスタ化されたプリミティブの画素の深度値を z -バッファに送り、前記ラスタ化されたプリミティブの前記画素の画像データを前記コンピュータシステム内のフレームバッファに送るステップと、

(b) 前記透明な物体のプリミティブを処理するステップであって、(b1) 前記 z -バッファへの書き込みを不能化するステップ、(b2) 前記透明な物体のすべての前向きのプリミティブを選別するステップ、(b3) 前記透明な物体の全ての後向きのプリミティブをラスタ化して後向きプリミティブ画素を求め、前記後向きプリミティブ画素の深度値が前記後向きプリミティブ画素が前記不透明な物体の少なくとも1つの後に位置することを示すとき、前記後向きプリミティブ画素のすべてを選別するステップ、および(b4) 残りの後向きのプリミティブの画像データを前記フレームバッファ内の前記画像データと α 混合し、前記残りの後向きのプリミティブの前記 α 混合された画像データを前記フレームバッファに送るステップを含むステップと、

(c) 前記透明な物体の前記プリミティブを処理するステップであって、(c1) 前記 z -バッファへの書き込みを不能化するステップ、(c2) 前記透明な物体の前記後向きのプリミティブを選別するステップ、(c3) 前記透明な物体の全ての前向きのプリミティブをラスタ化して前向きプリミティブ画素を求め、前記前向きプリミティブ画素の深度値が前記前向きプリミティブ画素が前記不透明な物体の少なくとも1つの後に位置することを示すとき、前記前向きプリミティブ画素のすべてを選別するステップ、および、(c4) 残りの前向きのプリミティブの画像データを前記フレームバッファ内の前記画像データと α 混合し、前記残りの前向きのプリミティブの前記 α 混合された画像データを前記フレームバッファに送るステップを含むステップと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はコンピュータシステムに関し、特にコンピュータシステム内の物体のグラフィックスディスプレイに関する。さらに詳細には、本発明はコンピュータシステム内のグラフィックスディスプレイにおける透明な物体のレンダリングに関する。

【0002】

【従来の技術】 現在のコンピュータユーザは、従来に比べてコンピュータアプリケーションのためのより高度なグラフィックスディスプレイ機能を必要としている。当該分野の発展につれて、ユーザのかかる需要の増大に応えるために多くの方法が実施され技術革新が行なわ

れてきた。ソフトウェアの能力と機械の能力の発達にはしばしば抜きつ抜かれつの関係がある。これらのうち一方が進歩すると、そのコストに見合った性能や画質の改善が得られる。ハードウェア技術、処理速度およびコンピュータメモリの向上によって、必要となるハードウェアや画像のレンダリングに要する膨大な時間の観点から、従来不可能であったグラフィックの品質およびレンダリング時間の向上が可能となった。同様に、ソフトウェアの進歩によっても画質と性能の向上がもたらされた。

【0003】 透明な物体のレンダリングは従来コンピュータグラフィックスにおいて特に困難な問題であった。一般に、不透明な物体の三次元シーンにおけるレンダリングはさまざまなアルゴリズムを用いて行なわれる。 z -バッファアルゴリズムがその典型的なものである。

【0004】 z -バッファアルゴリズムにおいては、フレームバッファに各画素の色値が記憶され、 z -バッファに各画素の深度、すなわち z -値が記憶される。第1のステップにおいて、フレームバッファは背景色に初期設定され、 z -バッファは0に初期設定される。次に、物体がラスタ化され、任意の順序でフレームバッファに送られる。これは通常は受信データの順である。フレームバッファに対応するエントリを有する z -バッファが各画素の z -値を記憶する。ある画素の z -値はある物体の画素がある特定の視点（通常はグラフィックスディスプレイの画面）から見て他の物体の前にあるか後ろにあるかを示す。ラスタ化処理において走査変換中の画素がバッファ内の現在の値より観察者に近い場合、フレームバッファおよび z -バッファ内の古い値が、この新たな画素の色および深度の値に置き換えられる。その結果、不透明な物体の場合、第2の不透明な物体の後にある第1の不透明な物体はレンダリングされない。これは、画面前方から見たとき、第1の不透明な物体は第2の不透明な物体によって隠れるためである。しかし、この方法は透明な物体に対しては有効ではない。透明な物体は、他の透明な物体あるいは不透明な物体の前方にある場合でも、レンダリングを行なうにはその両者の成分を混合しなければならない。

【0005】 可視面リスト優先順位アルゴリズムによってシーン内の物体の可視性の順位が決定される。シーン内の物体は通常その z -値によって分類され、分類された順序でフレームバッファに送られる。物体はこの分類された順序でレンダリングされれば適正な画像が得られる。

【0006】 可視面リスト優先順位アルゴリズムは透明な物体を組み込むように適合されたものである。一例としてPainterのアルゴリズムがあり、これは深度分類アルゴリズムである。各物体の深度を記憶する z -バッファを用いて物体がラスタ化され、後から前へという順序に分類される。ある物体の z -値が他の物体の z -値と重なる

場合、それらの物体の各部分への分割と、その各部分をz-値に基づいて後から前へという順序付けを反復的にやることによってあいまいさが解消される。最後に、各物体あるいは物体の部分の画素値がこのように決定された後から前への順序でフレームバッファに送られる。

【0007】かかるアルゴリズムへの透明な物体の導入の問題についてはいくつかの方法が採られて来た。スクリーンダ透明処理においては、透明な物体に関係付けられた画素の一部のみを用いてメッシュが作成される。ある画素の(x, y)アドレスに関係付けられたビットを用いて透明ビットマスクに索引を付ける。このマスクの索引ビットが1である場合、その画素が使用される。1でない場合、その画素は使用されず、その代わりにその画素の位置が次に低いビットが使用される。ビットマスク中の1のビットが少ないほど、その物体はより透明に見える。この方法では、色値の混合は行なわれない。ビットマスク効果が多数の画素にわたって集積することによって、観察者の目による空間的統合が起こり、補間された透明性が得られる。しかし、この方法によっては高品質の画像は得られず、視覚的にも良好なものではない。

【0008】他の方法では混合法が用いられる。シーン内の各物体の各画素は0から1の範囲の α 値を有する。ある画素の α 値が0であるとき、これはその画素が完全に不透明であることを示し、 α 値が1であるとき、これはその画素が完全に透明であることを示す。1つあるいはそれ以上の透明な面、あるいは不透明な面と1つあるいはそれ以上の透明な面を通したビューを表わす画面の画素の陰は、それらの面自体の個々の陰から直線補間される。最も適正な結果を得るためには、混合を後から前への順序で厳密に行なわねばならない。この後から前への順序を守らないと、シーン内の物体の形状あるいは一部に誤った色が現われる。

【0009】他の方法としては、シーン内の透明な物体を最後にレンダリングして、その色をフレームバッファに既に入っている色と組み合わせるというものがある。しかし、この方法ではz-バッファが修正されないため、2つの透明な物体が重なったとき、それらの間の深度の関係が考慮されないことになる。これらが後から前ではなく前から後という順序でレンダリングされると、誤った色が現われる結果となる。

【0010】更に、z-バッファ型のシステムにおいて透明な物体を後から前への適正な順序でレンダリングする他の方法では、複数回のレンダリングを必要とし、メモリ量を増大させる。最初に、z-バッファを用いてすべての不透明な物体をレンダリングする。次に、透明な物体が処理され別のバッファ群に入れられる。このバッファ群は、 α 値、色、z-値およびフラグビット（これは当初はオフに設定される）を保持する。その後、z-値が比較される。ある透明な物体の画素のz-値が、不透明z-バッ

ファ内のz-値より観察者に近いが透明z-バッファ内のz-値より遠い場合、そのフラグビットがセットされ、その色、z-値および透明性が透明バッファに保管される。すべての透明な物体に対してこの手順が実行される。その後、最も遠い透明な物体の情報が元のフレームバッファおよびz-バッファ内の情報と混合される。不透明z-バッファ内のz-値が、フラグがセットされた画素の透明性z-値に置き換えられ、フラグビットがリセットされる。各画素についてこの処理が、処理が完了するまで、次に近い物体に対して繰り返される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような後から前への厳密な順序付けを行なう方法を用いると、機械条件やシーン内の物体のレンダリングに要する時間の観点から非常にコストが大きくなる。アプリケーションによってはハードウェアコストは極めて高くなる。また、ユーザーの対話性や生産性を維持するためにシーンを迅速にレンダリングおよび更新しなければならないCAD/CAM等のアプリケーションにおいてはシーンのレンダリングに要する時間がユーザーにとって許容できないものになる場合がある。

【0012】透明な物体のレンダリングにおける、個々の物体のレンダリング順序以外の問題点としては、個々の透明な物体自体の処理方法がある。たとえば、球体等の透明な三次元物体をレンダリングするには、球体を当該分野においてプリミティブ（primitive、基本形状）と呼ばれる一連のポリゴン（polygon、多角形）に分解し、その球体全体にわたってかかるプリミティブを1つ1つ処理する。各プリミティブは、そのプリミティブの面から外側に向かう面法線を有する。問題は、これらプリミティブは球体を横断しているので、それらプリミティブは球体の半分の部分では前から後という順序で処理されるが、球体の他の半分においては反対の順序で処理されることである。その結果バッファ内に誤った色が生成され、目に見える欠陥が生じる。球体の半分の順序付けが正しく他の半分の順序付けが誤っているため、この物体は滑らかな面ではなく外観上切れ目のあるものとしてレンダリングされる。

【0013】したがって、当該分野において高品質の画像をユーザーにとってそのアプリケーションにおいて許容可能な速度で生成し、アプリケーションの実行に要するハードウェアのコストアップを必要としない、グラフィックスディスプレイ用の透明物体の改良されたレンダリング法が必要とされていることは明らかである。また、面の異常を生じないよう個々の透明な物体を後から前への順序で処理することが必要とされている。本発明は当該分野におけるかかるニーズ及びその他のニーズに応えるものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の一側面は、図形

表示すべきシーン内の不透明な物体および透明な物体、あるいは透明な物体のみを高速にレンダリングすることである。

【0015】本発明の他の側面は、図形表示すべき透明な物体を含むシーンの高品質な画像を生成することである。

【0016】本発明のさらに他の側面は、各透明物体のプリミティブを後から前への順序で処理して物体の表面上の連続性に切れ目が現われることを防止することである。

【0017】本発明のまた他の側面は、任意の物体の前面を最後に処理して図形表示すべきより適正な画像を得ることである。

【0018】本発明のさらに他の側面は、z-バッファを用いてシーン内の物体の前面を最後に処理することである。

【0019】本発明のさらに他の側面はz-バッファを不透明な物体のための深度バッファとしてのみ用いて、不透明な物体を最初に処理し、その後この不透明な物体の上に透明な物体が重ねられることである。

【0020】本発明の上記の各側面およびその他の側面は、最初に透明な物体のすべての後向きのプリミティブをラスタ化および α 混合し、その後その透明物体のすべての前向きのプリミティブをラスタ化および α 混合するシーンレンダリング法によって達成される。これによって表示された物体の表面の連続性に切れ目が生じることを防止する。

【0021】本発明の他の実施形態においてはz-バッファが不透明な物体の深度バッファとして用いられ、シーン内のすべての不透明な物体が最初に処理され、その後この不透明な物体の上に任意の透明な物体が重ねられる。

【0022】本発明のさらに他の実施形態においては、z-バッファを用いてシーン内の物体のすべての最前方のプリミティブの深度画像が作成される。次に、z-バッファ内のz-値より小さいz-値を有するすべてのプリミティブが処理され、フレームバッファに送られる。最後に、z-バッファ内のz-値に等しいz-値を有するすべてのプリミティブが処理されフレームバッファに送られる。これによって、シーン内の物体の最前方の面が最後に処理され、図形表示すべきより適正な画像が得られる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下に本発明の現在考えられる最良の実施形態を説明する。この説明は限定的な意味に解釈すべきではなく、本発明の一般原理を説明する目的で行なうものに過ぎない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって定められるものである。

【0024】図1には本発明を適用したコンピュータシステムのブロック図を示す。図1に示すように、コンピュータシステム100は処理要素102を有する。処理要素10

2はシステムバス104を介してコンピュータシステム100の他の要素と通信する。キーボード106によってユーザーはコンピュータシステム100に情報を入力することができる。グラフィックスアクセラレータ114はz-バッファ126およびフレームバッファ120を有する。フレームバッファ120はグラフィックスディスプレイ110に表示されるデータを保持し、コンピュータシステム100によるユーザーへの情報の出力を可能とする。また、マウス108が情報の入力に用いられ、記憶装置112がコンピュータシステム100内のデータおよびプログラムの記憶に用いられる。同じくシステムバス104に取り付けられたメモリ116はオペレーティングシステム118、ユーザーアプリケーション122、および本発明の透明性レンダリング法124を保持する。透明性レンダリング法124はグラフィックスアクセラレータ114のz-バッファ126を使用する。

【0025】図2には不透明物体および透明物体の3パスレンダリング法のフローチャートを示す。この方法は透明性レンダリング法124に含まれ、ユーザーアプリケーション122によって呼び出される。図2において、ブロック202で第1のパスによってシーンのすべての不透明物体が処理される。これらの物体のプリミティブがラスタ化され、すべての画素の値がz-バッファ126（図1）およびフレームバッファ120（図1）に送られる。

【0026】ブロック204で、第2のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。透明物体のすべての前向きのプリミティブが選別される。すべての透明物体の後向きのプリミティブがラスタ化され、処理される。図3にこの後向き処理方法を示す。

【0027】図3には円形の透明物体300の平面図を示す。この円形の透明物体300はこの平面図にエッジとして現われる一連のプリミティブ302から構成される。同図は例示を目的とするものに過ぎない。実際には円形形状をより細かく近似するためにより多くのプリミティブが用いられる。

【0028】各プリミティブ302の正面を各プリミティブ302から外側に伸張する面法線矢印304によって示す。視点が方向矢印310の方向であるとき、円形の透明物体300をレンダリングする通常の手順としては、プリミティブ312を起点として円形の透明物体300のプリミティブを1つ1つ横切っていく。面法線矢印304が方向矢印306とおおよそ同方向を指し、想像上の線A-A'からの偏き角が90°以下であるプリミティブを後向きとする。面法線矢印304が方向矢印308とおおよそ同方向を指し、想像上の線A-A'からの偏き角が90°以下であるプリミティブを前向きとする。当業者には、あるシーン内の物体の視点が変わると、前のビューにいて前向きあるいは後向きであったプリミティブは、新たなビューではその向きが変わる可能性があることは理解されよう。

【0029】円形の透明物体300をプリミティブ312を起点として横切っていくと、円形の透明物体300の半分は

前から後へという順序で（AからA' に向かって）ラスタ化され、他の半分は後から前へという順序で（A' からA に向かって）ラスタ化される。これは、中実な物体をレンダリングする際には問題にならない。これは、中実の物体では後向きのプリミティブは見えないためすべて選別されるためである。しかし、透明な物体の場合、この順序付けでは後向きのプリミティブが選別されないためバッファ内に誤った色が発生する。この透明物体をラスタ化および表示すると、各半分の順序付けの相違によってこの透明物体の可視面の中央部に、外観上切れ目が現われる。

【0030】この問題を解決するために、本発明では円形の透明物体300を2パスで処理する。第1のパスではすべての後向きのプリミティブ302（これらは面法線矢印304が方向矢印306とおおよそ同方向を指す想像上の線B-B' のA' 側のプリミティブ302である）の画素に対してラスタ化および α 混合が行なわれる。第2のパスではすべての前向きのプリミティブ302（これらは面法線矢印304が方向矢印308とおおよそ同方向を指す想像上の線B-B' のA側のプリミティブ302である）の画素に対してラスタ化および α 混合が行なわれる。この手順によって従来の方法に見られた目障りな縦ぎ目が除去される。これは、かかる縦ぎ目がこの場合レンダリングされた物体のエッジに位置し、したがって識別不能であるためである。他の利点として、各物体について、透明物体の個々のプリミティブのすべてに対して後から前への順序付けが達成される。

【0031】図2のブロック204に戻って、すべての透明物体の後向きのプリミティブをラスタ化する処理において、z-バッファ比較が実行され、各透明物体についてフレームバッファにデータを記憶すべきか否かが判断される。不透明物体の背後にあることを示すz-値を有する透明物体が選別される。すべての不透明物体の前にあることを示すz-値を有する透明物体が処理される。レンダリングすべきすべての透明物体の α 値を用いてその透明物体の画素の色とフレームバッファ内の現在の画素値が混合される。

【0032】図4にはグラフィックスディスプレイ上で通常見られるような互いに重なり合った不透明な平面状物体と透明な平面状物体の正面図を示す。当業者には三次元物体をかかる重なり合った状態に表示することも可能であり、また物体が互いに交差したものであってもよいことは理解されよう。図4において、物体402および406は不透明であり、物体404および408は透明である。当業者には各透明物体の上述したような α 値で示される透明度は異なる場合があることは理解されよう。物体404と物体408との透明度の違いをクロスハッチングパターンの違いで表わしている。

【0033】物体402は物体404および408の一部の上に重なっている。物体404は物体406及び408の一部の上に

重なっている。物体406は物体408の一部の上に重なっている。物体408は他の物体の上に重なっていない。

【0034】不透明な物体402の最前方の面410は、物体404及び408のその下にある部分を完全に覆い隠し、この最前方の面は完全な状態で見える。

【0035】物体406の左側の最前方の面412と右側の最前方の面414は物体408の物体406の下になった部分を完全に覆い隠し、したがって物体406の左側の最前方の面412は完全な状態で見える。物体406の右側の最前方の面414は透明な物体404の最前方の面416を通して見え、物体404の固有の各画素の α 値の影響を受ける。

【0036】物体408の最前方の面420は各画素の α 値に応じた状態で見える。物体408の最前方の面420の一部の上に物体404の最前方の面416が重なっている。物体404の最前方の面416の、物体402の最前方の面410および物体406の左側の最前方の面412と右側の最前方の面414に隠れていない物体408の最前方の面420に重なる部分を面領域418として図示し、クロスハッチングパターンの組み合わせで示す。面領域418は物体404と物体408の各画素の α 値の組み合わせに応じた状態で見える。

【0037】図2に戻って、ブロック206では、第3のパスでまずz-バッファへの書き込みが不能化される。透明な物体のすべての後向きのプリミティブが選別される。すべての透明な物体の前向きのプリミティブが図3を参照して上に述べたようにラスタ化される。レンダリングすべきすべての透明な物体の α 値を用いてこれらの透明な物体の画素の色とフレームバッファ内の現在の画素値が混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。

【0038】この3パスシーンレンダリング法は従来のスクリーンドア法に比べてはるかに正確で良好な可視画像を提供するものである。この3パスシーンレンダリング法は目障りな縦ぎ目を除去するものである。これは、レンダリング後いかなる不一致も物体のエッジに発生し、そこではかかる不一致は目に見えないためである。各透明物体間での処理順序は必ずしも後から前とならない場合もあるが、それぞれの透明物体のプリミティブは後から前への順序でレンダリングされる。この3パスシーンレンダリング法は、すべての物体を後から前の順序で処理する従来の全深度分類に比べて桁1つ高速である。

【0039】図5には本発明に係る透明物体の2パスレンダリング法の一実施形態のフローチャートを示す。この方法は透明性レンダリング法124に含まれ、ユーザーアプリケーション122によって呼び出される。図5に示すように、ブロック502で第1のパスによってz-バッファへの書き込みが不能化される。すべての前向きのプリミティブが選別される。透明な物体のすべての後向きのプリミティブが図3を参照して上に述べたようにラスタ

化される。レンダリングすべき透明な物体のすべての後向きのプリミティブの α 値を用いて透明な物体の画素の色とフレームバッファ内の現在の画素値が混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。

【0040】ブロック504で第2のパスによってz-バッファへの書き込みが不能化される。すべての後向きのプリミティブが選別される。不透明な物体および透明な物体のすべての前向きのプリミティブが図3を参照して上に述べたようにラスタ化される。レンダリングすべき透明な物体のすべての前向きのプリミティブの α 値を用いて透明な物体の画素の色とフレームバッファ内の現在の画素値が混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。この2パス法によれば、すべての前向きのプリミティブが最後に処理されてより正確な後から前へのレンダリングが行なわれ、また従来のスクリーンドア法に比べて視覚的により良好な画像が得られる。

【0041】図6には本発明に係る透明な物体のみをレンダリングする3パス法の一実施形態のフローチャートを示す。この方法は透明性レンダリング法124に含まれ、ユーザーアプリケーション122によって呼び出される。図6に示すように、ブロック602で第1のパスによってシーン内のすべての物体の最前方のプリミティブの深度画像が確立され、その画素値がz-バッファに記憶され、それによってシーン内の物体の最前方のプリミティブのシェルが作成される。このパスは物体をラスタ化することによって実行されるが、フレームバッファデータは破棄され、最前方の物体の画素のz-バッファ値のみが記憶される。

【0042】ブロック604で第2のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。次に、その画素のz-値がz-バッファ内のz-値と等しくない物体のすべてのラスタ化されたプリミティブが処理され、画像値がフレームバッファに送られる。これによって、シーン内の最前方の物体の後にあるすべてのものがレンダリングされる。これは、最前方の物体はブロック602において確立されているためである。

【0043】ブロック606で第3のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。次に、その画素のz-値がz-バッファ内のz-値と等しい物体のすべてのラスタ化されたプリミティブが処理され、画像値がフレームバッファに送られる。これによって、ブロック602で作成されたシェルのシーン内の最前方の物体がすべてレンダリングされる。この方法によって、より正確な画像が得られる。これは、最前方のプリミティブは視覚的に最も重要であり、それが最後にレンダリングされるためである。

【0044】図7には本発明に係る透明な物体のみをレンダリングする4パス法の一実施形態のフローチャート

を示す。この方法は透明性レンダリング法124に含まれ、ユーザーアプリケーション122によって呼び出される。図7に示すように、ブロック702で、ブロック602に関する上の説明と同様に、第1のパスによってシーン内のすべての物体の最前方のプリミティブの深度画像が確立され、その画素値がz-バッファに記憶される。それによってシーン内の物体の最前方のプリミティブのシェルが作成される。

【0045】ブロック704で第2のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。次に、その画素のz-値がz-バッファ内の対応するz-値と等しくない物体のすべての後向きプリミティブが処理される。レンダリングすべき透明な物体のすべての後向きのプリミティブの α 値を用いて透明な物体の画素の色がフレームバッファ内の現在の画素値と混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。これによって、前方のシェルの部分を成さない物体のすべての後向きのプリミティブのすべてがレンダリングされる。

【0046】ブロック706で第3のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。次に、その画素のz-値がz-バッファ内の対応するz-値と等しくない物体のすべての前向きのプリミティブが処理される。レンダリングすべき透明な物体のすべての前向きのプリミティブの α 値を用いて透明な物体の画素の色がフレームバッファ内の現在の画素値と混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。これによって、前方のシェルの部分を成さない物体のすべての前向きのプリミティブのすべてがレンダリングされる。

【0047】ブロック708で第4のパスによってまずz-バッファへの書き込みが不能化される。次に、その画素のz-値がz-バッファのz-値と等しいすべての物体が処理される。レンダリングすべき透明な物体のかかる最前方のすべての物体プリミティブの α 値を用いて透明な物体の画素の色がフレームバッファ内の現在の画素値と混合される。その結果得られた画素の色値が図4を参照して上に述べたようにフレームバッファに送られる。これによって、ブロック702で作成されたシェルのシーン内のすべての最前方の物体がレンダリングされる。

【0048】また、このシーンレンダリング法は、より適正な画像を提供するものである。これは、最前方のプリミティブは視覚的に最も重要であり、それが最後にレンダリングされるためである。さらに、すべての物体の後向きのプリミティブが前向きのプリミティブより前にレンダリングされ、これによって各物体は視覚的により良好で適正なものとなる。これは、個々の物体の各画素が内部的に適正な後から前への順序でレンダリングされるためである。

【0049】本発明には、例として次のような実施形態

が含まれる。

(1) コンピュータシステム内で図形表示すべくシーンの少なくとも一部における透明な物体 (404、408) をレンダリングする方法であって、

(a) 前記透明な物体のプリミティブ (302) を処理するステップであって、(a1) z-バッファへの書き込みを不能化するステップ (502)、(a2) 前記透明な物体のすべての前向きのプリミティブを選別するステップ (502)、(a3) 前記透明な物体の全ての後向きのプリミティブをラスタ化して後向きプリミティブ画素を求め、前記透明な物体の前記ラスタ化された後向きプリミティブ画素の画像データを α 混合して、前記ラスタ化された後向きプリミティブ画素の前記 α 混合された画像データをフレームバッファに送るステップ (502) を含むステップと、

(b) 前記透明な物体の前記プリミティブ (302) を処理するステップであって、(b1) 前記z-バッファへの書き込みを不能化するステップ (504)、(b2) 前記透明な物体のすべての後向きのプリミティブを選別するステップ (504)、(b3) 前記透明な物体の全ての前向きのプリミティブをラスタ化して前向きプリミティブ画素を求め、前記透明な物体の前記ラスタ化された前向きプリミティブ画素の画像データを α 混合して、前記ラスタ化された前向きプリミティブ画素の前記 α 混合された画像データを前記フレームバッファに送るステップ (504) を含むステップと、を含む方法。

【0050】(2) コンピュータシステム内で図形表示すべくシーンの少なくとも一部における透明な物体 (404、408) をレンダリングする方法であって、(a) 前記透明な物体をラスタ化して前記透明な物体の最前方のプリミティブのシェルを作成してz-バッファ内に前記透明な物体の前記最前方のプリミティブの深度画像を確立するステップ (602) であって、前記ラスタ化は、前記透明な物体の前記最前方のプリミティブの画素のz-値を判定し、前記画素の前記z-値を前記z-バッファに記憶し、すべてのフレームバッファデータを破棄することを含むステップと、(b) 前記z-バッファへの書き込みを不能化し、前記透明な物体をラスタ化し、前記画素のz-値が前記z-バッファ内に記憶された前記z-値に等しくないとき前記ラスタ化された透明な物体の画素の画像データを α 混合するステップ (604) と、(c) 前記z-バッファへの書き込みを不能化し、前記透明な物体をラスタ化し、前記画素のz-値が前記z-バッファ内に記憶された前記z-値に等しいとき前記ラスタ化された透明な物体の画素の画像データを α 混合するステップ (606) を含むステップと、を含む方法。

【0051】(3) 前記(2)に記載のステップ(b)の代わりに、(b1) 前記z-バッファへの書き込みを不能化し、前記透明な物体のすべての後向きのプリミティブをラスタ化し、前記画素のz-値が前記z-バッファ内に記

憶された前記z-値に等しくないとき前記ラスタ化された後向きのプリミティブの画素の画像データを α 混合するステップ (704)、および(b2) 前記z-バッファへの書き込みを不能化し、前記透明な物体のすべての前向きのプリミティブをラスタ化し、前記画素の前記z-値が前記z-バッファ内に記憶された前記z-値に等しくないとき前記ラスタ化された前向きのプリミティブの画素の画像データを α 混合するステップ (706) を実行することを含む前記(2)記載の方法。

【0052】本発明の好適な実施形態を説明したが、当業者には特許請求の範囲に定める本発明の範囲から逸脱することなく、本発明の構造に対するさまざまな変更およびさまざまな実施形態や応用が可能であることは明らかであろう。この開示および説明は例示を意図するものであり、いかなる意味でも本発明を限定するものではなく、本発明の範囲は特許請求の範囲によって規定されるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したコンピュータシステムのブロック図である。

【図2】不透明物体および透明物体の3パス表現法のフローチャートである。

【図3】透明物体の後向きのプリミティブおよび前向きのプリミティブの平面図である。

【図4】重なり合った不透明物体および透明物体を示す。

【図5】透明物体の2パス表現法のフローチャートである。

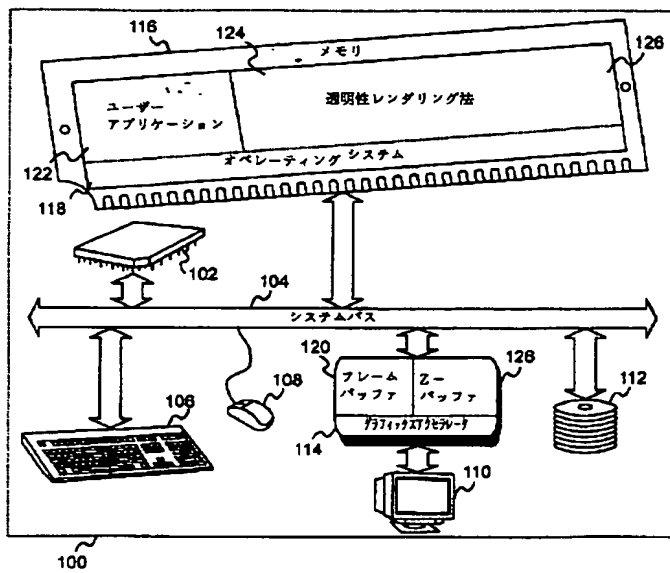
【図6】透明物体の3パス表現法のフローチャートである。

【図7】透明物体の4パス表現法のフローチャートである。

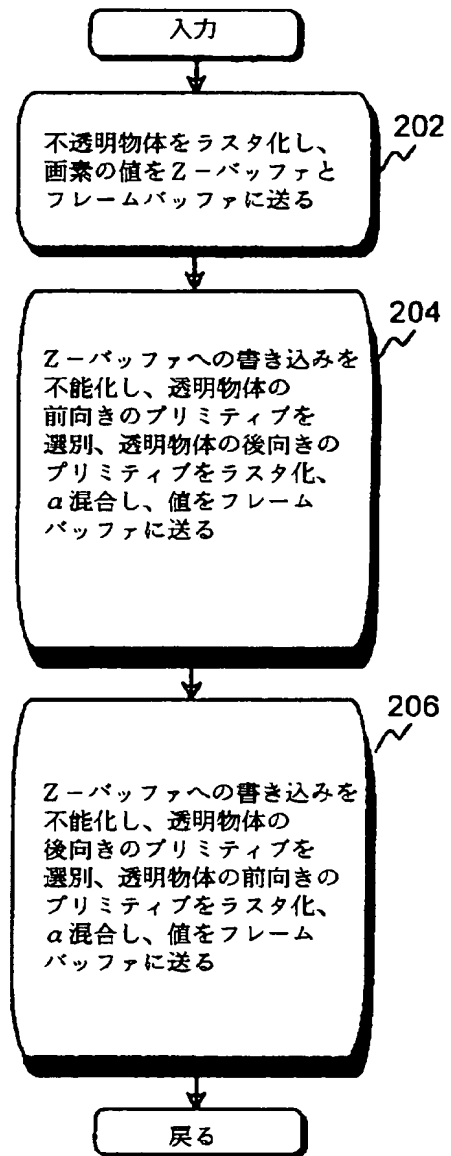
【符号の説明】

100 コンピュータシステム、102 処理要素、104 システムバス、106 キーボード、108 マウス、110 グラフィックスディスプレイ、112 記憶装置、114 グラフィックスアクセラレータ、116 メモリ、118 オペレーティングシステム、120 フレームバッファ、122 ユーザーアプリケーション、124 透明性レンダリング法、126 z-バッファ、202、204、206 不透明物体および透明物体の3パスレンダリングステップ、300 透明な物体、302、312 プリミティブ、304 面法線、306、308、310 方向矢印、402、404、406、408 物体、410 物体402の最前方の面、412 物体406の左側の最前方の面、414 物体406の右側の最前方の面、416 物体404の最前方の面、418 面領域、420 物体408の最前方の面、502、504 透明物体の2パスレンダリングステップ、602、604、606 透明な物体のみの3パスレンダリングステップ、702、704、

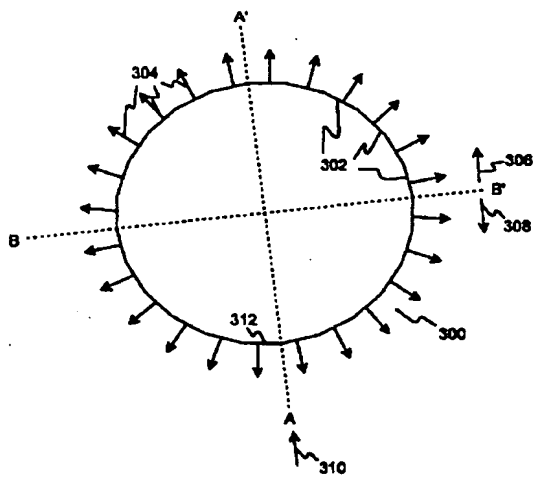
【図1】



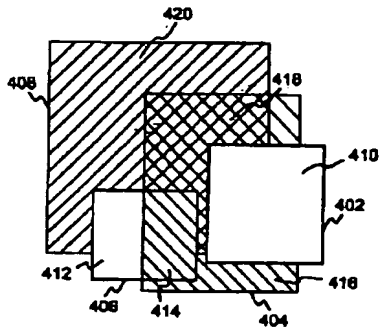
【図2】



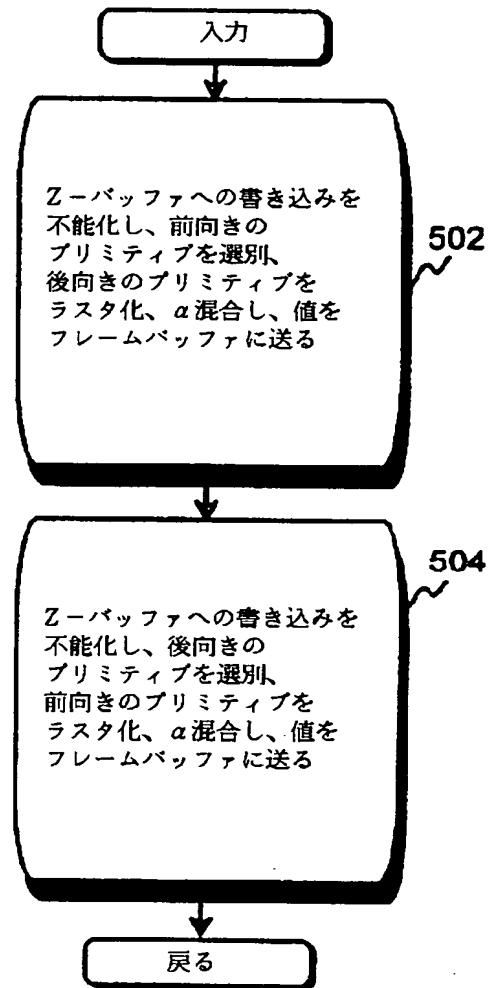
【図3】



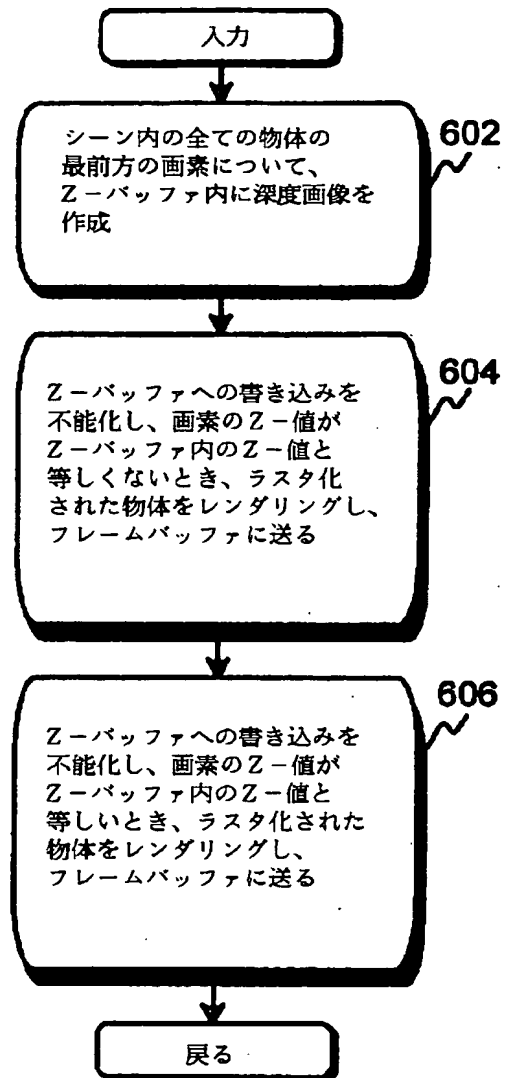
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

